



**UNIVERSIDAD DE SEVILLA**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**CURSO 2017/2018**



## **TRABAJO FIN DE GRADO**

**ESTUDIO DE LA DINÁMICA DE EMERGENCIAS EN EL JARDÍN  
ARVENSE DE LA ETSIA EN EL CURSO 2016/2017**

**ALUMNO: ALFONSO TOMÉ RUBIO**

**GRADO EN INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**CONVOCATORIA: ENERO 2018**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGROFORESTALES**

Sevilla, a 18 de Enero de 2018

## ÍNDICE

0.RESUMEN .....	2
1.- INTRODUCCIÓN.....	3
1.1.- El Jardín Arvense de la ETSIA.....	3
1.2.- Interés del conocimiento de la emergencia de las malas hierbas.....	4
1.3.- Estudios previos realizados en la ETSIA sobre emergencias de malas hierbas en campo. ....	5
1.4.- Potencial del Jardín Arvense como fuente de datos.....	5
2.- OBJETIVOS.....	6
3.- MATERIALES Y MÉTODOS .....	7
3.1.- Material vegetal.....	7
3.2.- Material del lecho de siembra y mantenimiento.....	7
3.3.- Metodología de trabajo. ....	7
3.4.- Condiciones ambientales.....	8
3.5.- Toma de datos y elaboración de gráficos.....	9
4.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	10
4.1.- Base de datos de emergencias.....	10
4.2.- Elaboración de gráficos.....	13
4.3.- Comparación con otros estudios. ....	15
4.4.- Propuestas para futuros trabajos.....	17
5.- CONCLUSIONES .....	18
6.- BIBLIOGRAFÍA .....	19
Anejo I: Material vegetal utilizado.....	20
Anejo II: Calendario de evaluaciones. ....	22
Anejo III: Gráficos de todas las especies (representadas por géneros) estudiadas en el Jardín Arvense .....	23

## **0.RESUMEN**

En la ETSIA de la Universidad de Sevilla existe un Jardín Arvense que tiene más de cien especies consideradas malas hierbas y que se utiliza con finalidad docente, fundamentalmente para aprender a reconocer estas especies. Por otro lado, las malas hierbas anuales son particularmente vulnerables en los primeros estados fenológicos, por lo cual, el conocimiento del momento de la emergencia tiene gran interés para optimizar las medidas de control. Los trabajos de investigación sobre emergencias suelen estar enfocados a una o pocas especies, por lo cual el Jardín Arvense de la ETSIA puede utilizarse como fuente de datos para mejorar el conocimiento de la emergencia de un gran número de especies.

Los objetivos de este trabajo son: a) utilizar el Jardín Arvense como fuente de datos para mejorar el conocimiento de la emergencia de las malas hierbas y b) diseñar una aplicación informática que permita elaborar gráficos amigables y fáciles de interpretar por los técnicos de campo.

Para la realización de este trabajo se ha utilizado semillas de 134 especies arvenses. Para cada especie se han contado 50 semillas que han sido sembradas antes de la primera lluvia otoñal, y se han realizado mediciones de la emergencia durante el periodo de Octubre de 2016 a Junio de 2017 contabilizando un total de 30 mediciones por especie.

Los resultados de este trabajo han permitido: a) utilizar el Jardín Arvense de la ETSIA como herramienta generadora de información para mejorar el conocimiento de la emergencia de las especies arvenses más relevantes de la zona; b) elaborar un script (conjunto de comandos) para ser utilizado con el programa R de forma que se obtienen gráficos amigables y fáciles de interpretar para los técnicos de campo, de forma que el script permite además una fácil actualización de los gráficos una vez que se añaden nuevos datos.

Este trabajo contribuye a rentabilizar y ampliar el uso del Jardín Arvense de la ETSIA porque, además del uso habitual como herramienta de reconocimiento de especies arvenses, se consigue información de utilidad para los agricultores y técnicos de la zona, mejorando de esta forma la divulgación y transferencia desde la Universidad al sector agrario.

## **1.- INTRODUCCIÓN**

### **1.1.- El Jardín Arvense de la ETSIA.**

Un jardín arvense es una especie de jardín botánico formado por especies consideradas malas hierbas. El establecimiento y mantenimiento de un jardín arvense requiere una importante dedicación de recursos humanos y económicos, puesto que se requiere disponer de semillas y propágulos en cantidad suficiente y debidamente identificados. Posteriormente se precisa la siembra de los mismos y los consiguientes cuidados, dado que las malas hierbas pasan en este caso a ser cultivadas, por lo que requieren de un correcto manejo que incluye riego, abonado, etc. Finalmente se precisa recoger las semillas y/o propágulos para poder darle continuidad.

En otoño de 2013 se instauró por primera vez en la ETSIA un jardín arvense compuesto por las malas hierbas más preocupantes de nuestra zona. En este primer año la colección consistió en un único ejemplar de cada especie, de un total de 30-40 especies, sembradas en cámara de cultivo y trasplantadas a campo, junto al umbráculo de la ETSIA. Entre los principales problemas detectados se encontraba el excesivo vigor de las malezas, la dificultad de mantener la colección limpia de otras especies arvense, y el escaso espacio por cada planta.

En otoño de 2014 se aumentó el número de especies y se cambió su ubicación, pasando a la zona que hay junto a los campos de prácticas de cultivos leñosos.

En otoño de 2015 se continuó incrementando el número de especies y se decidió pasar a trasplantar las malas hierbas a macetas individuales, con el objetivo de reducir la competencia entre especies cercanas.

En otoño de 2016 se implementaron varias mejoras entre las que destacan: a) se sembraron cantidades conocidas de semillas por maceta; y b) se aumentó la superficie del jardín arvense lo que permitió incrementar el número de entradas.

## 1.2.- Interés del conocimiento de la emergencia de las malas hierbas

El estudio de la germinación y emergencia de las malas hierbas es un aspecto de primer orden para la comunidad científica. En este sentido, la Sociedad Española de Malherbología cuenta con un grupo de trabajo, denominado Biología y Agroecología de Malas Hierbas, que está llevando a cabo un experimento en el que participan 10 grupos de España y que tiene como objetivo elaborar modelos predictivos de la emergencia de 5 especies de malas hierbas (SEMh, 2018, Cátedra Adama, 2018). Adicionalmente, la Sociedad Europea de Malherbología (EWRS) cuenta con un grupo de trabajo, denominado "Germination and Early Growth", dedicado a estudiar las malas hierbas durante el periodo transcurrido desde la entrada en el banco de semillas hasta los primeros estados de crecimiento de la planta (EWRS, 2018).

De hecho, en la última reunión de este grupo de trabajo de la EWRS se presentaron trabajos como el estudio realizado en Turquía en el que se demostró que las tres principales especies arvenses del género *Avena* (*A. sterilis*, *A. fatua* y *A. ludoviciana*) se comportaron de forma similar en cuanto a germinación y desarrollo fenológico (Türkseven *et al.*, 2017), o el realizado con *Echinochloa crus-galli*, con ensayos en distintos países con el mismo diseño, donde observaron que el origen geográfico de la semilla y el cultivo influyen en la cantidad de semillas que emergen, pero no en el perfil de emergencias (Royo- Esnal, *et al.*, 2017).

Adicionalmente, ya hay publicados modelos predictivos de la emergencia de algunas (pocas) especies arvenses, como *Lolium rigidum* (Jiménez-Hidalgo *et al.*, 1991) y *Conyza bonariensis* (Zambrano, 2013).

En todo caso, los resultados publicados se refieren a estudios realizados con una o muy pocas especies, quedando carencias importantes en muchas otras.

En la zona mediterránea, la mayor parte de la pluviometría anual ocurre durante el otoño, una vez transcurrido el periodo de verano, donde la sequía y temperatura impiden prácticamente ninguna emergencia. Esto quiere decir que la emergencia otoñal de las arvenses está probablemente determinada por su genética y la temperatura, ya que durante este periodo de tiempo la humedad del suelo debida a la lluvia suele ser relativamente constante, o al menos suficiente.

Por otro lado, la mayoría de las especies arvenses de la agricultura mediterránea son de emergencia otoñal (Saavedra y Pastor, 2002).

Estos datos indican que un estudio simple de las emergencias de las arvenses en cualquier nursery o colección tendría mucho interés porque sería fácilmente extrapolable a las condiciones del agricultor. Probablemente no se pueda decir lo mismo respecto de las especies de emergencia primaveral debido a que dependen del sistema de riego asociado al cultivo.

### **1.3.- Estudios previos realizados en la ETSIA sobre emergencias de malas hierbas en campo.**

Un estudio realizado en la ETSIA en 2009 por Francisco Manuel Tirado Monje tuvo como objetivos principales conocer la dinámica de emergencias de *Avena sterilis*, y *Phalaris paradoxa* en función de la humedad y temperatura en dos localidades diferentes.

Los resultados obtenidos confirmaron que la emergencia de ambas especies dependían de las precipitaciones otoñales, adelantándose la emergencia cuando éstas suceden de manera intensa (Tirado, 2009).

De forma generalizada, el perfil de emergencia de las dos es independiente del valor total de emergencias acumuladas. Y la emergencia de éstas está acotada en el tiempo, por lo que una vez transcurrido un cierto valor de la integral térmica, no se observan nuevas emergencias (Tirado, 2009).

### **1.4.- Potencial del Jardín Arvense como fuente de datos.**

El Jardín Arvense de la ETSIA, comentado en el punto 1.1, fue diseñado para permitir a los alumnos del Grado de Ingeniería Agronómica y del Máster de Sanidad Vegetal tener un mayor acercamiento a las malas hierbas en condiciones de campo para de esta manera facilitar su aprendizaje.

A su vez, esta iniciativa constituye una excelente oportunidad para mejorar el conocimiento de la dinámica de emergencias en condiciones de campo de las malas hierbas más preocupantes de nuestra zona, particularmente las de emergencia otoñal.

Los datos producidos por un jardín arvense de este tipo, pueden servir de ayuda a los técnicos de campo para optimizar la toma de decisiones en el momento idóneo respecto al manejo de las malas hierbas.

## **2.- OBJETIVOS**

Los objetivos de este Trabajo Fin de Grado son los siguientes:

1.- Utilizar el Jardín Arvense de la ETSIA como fuente de datos para mejorar el conocimiento de la emergencia de las malas hierbas más relevantes de la zona.

2.- Diseñar una aplicación informática que permita elaborar gráficos de forma que se cumplan dos condiciones:

2.1.- que los gráficos sean amigables y fáciles de interpretar por los técnicos que asesoran a agricultores.

2.2.- que el sistema informático permita incorporar nuevos datos que permitan actualizar las gráficas de forma rápida y automatizada.

### 3.- MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1.- Material vegetal

Para la realización del ensayo se usaron cincuenta semillas (obtenidas del banco de semillas de la ETSIA). En total se sembraron 134 especies, correspondientes a 30 familias botánicas, tal como se puede consultar en la tabla 7 del Anejo I.

En la misma Tabla 7 figura un código SB\* que identifica el sobre del que procede. Este código permite conocer la procedencia de la semilla y la fecha de recolección. Toda semilla conservada en el banco de semillas arvenses de la ETSIA se mantiene en condiciones de baja humedad (añadiendo gel de sílice) y baja temperatura (4°C).

#### 3.2.- Material del lecho de siembra y mantenimiento.

Para la siembra y mantenimiento del Jardín Arvense de la ETSIA se han empleado los siguientes materiales:

Tabla 3.2.1.- Material (no vegetal) utilizado para el Jardín arvense de la ETSIA, campaña 2016/17.

Material	Cantidad
- Macetas de plástico negro de 35 litros (altura =40 cm; diámetro= 40cm)	180 ud.
- Sustrato de cultivo a base de turba (saco de 70L) GRAMOFLOR	20 ud.
- Arena de río lavada	-
-Hormigonera	1 ud.
-Carretilla	1 ud.
-Mallas anti pájaros/conejos	60 ud.
-Malla antihierba (superficie = 80 m <sup>2</sup> )	-
-Datalogger	1 ud.

Durante el periodo del ensayo hubo que controlar varios problemas de daños por pájaros, conejos, otros roedores, insectos, etc. Todo ello se hizo en colaboración con el personal de campo de la ETSIA.

#### 3.3.- Metodología de trabajo.

El primer paso para preparar el lecho de siembra fue llenar las macetas (Figura 3.3.1) con una mezcla de 2/3 de arena lavada y 1/3 de sustrato sin humectar. Esta mezcla se hizo con el apoyo de una hormigonera.



Una vez rellenas y etiquetadas todas las macetas, se procedió a realizar la siembra colocando 50 semillas sobre el lecho de siembra de cada maceta. Este proceso se realizó durante el periodo transcurrido desde el 4 al 14 de octubre de 2016. Un 13% de las siembras resultaron fallidas, por lo que fueron resembradas el 30 de noviembre de 2016.

Toda la siembra se realizó en seco, aunque la resiembra se hizo cuando ya había llovido.



Figura 3.3.1.- Disposición de las macetas del Jardín Arvense.

### **3.4.- Condiciones ambientales.**

Todo el estudio se realizó en condiciones de campo desde las siembra hasta mediados de enero. Fue a partir del 13 de enero cuando se tuvo que empezar a realizar riegos de emergencia para salvar las plantas y para mantener el lecho de siembra con una humedad apropiada para seguir obteniendo datos de emergencias.

Adicionalmente se instaló un datalogger que permitió obtener información de la temperatura y la humedad del suelo de una maceta elegida al azar. Estos datos no han sido analizados en este trabajo, pero son de vital importancia para la comparación con estudios similares del Jardín Arvense en los próximos años.

### **3.5.- Toma de datos y elaboración de gráficos.**

La toma de datos se realizó con frecuencia semanal, aunque en algunos periodos la frecuencia se aumentó o disminuyó según se consideró conveniente (Anejo II).

Las evaluaciones consistieron en el conteo del número de nuevas emergencias, eliminándose todas excepto las dos primeras, es decir, siendo los conteos destructivos salvo en los dos primeros casos.

Los diferentes gráficos expuestos en los resultados y anejos de este proyecto se realizaron usando el programa informático RStudio (RStudio, 2018), que es un programa que trabaja en entorno R (RCore Team, 2017)

## 4.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1.- Base de datos de emergencias

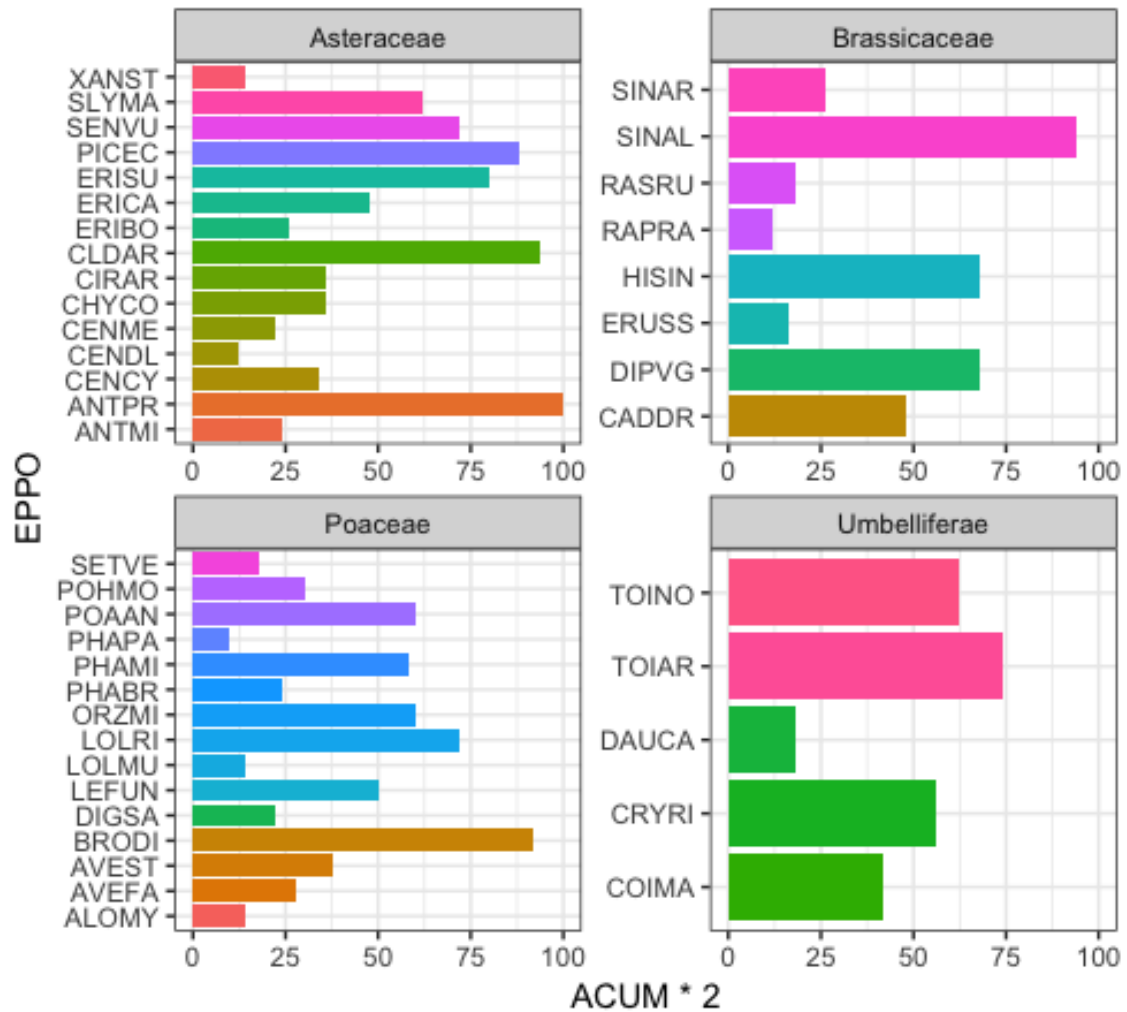
Se han tomado datos de emergencias de cada maceta con una frecuencia semanal durante el periodo transcurrido entre el 4 de Octubre de 2016 y el 8 de Junio de 2017, de forma que en total se han realizado tomas de datos en 30 fechas diferentes.

El seguimiento de las 134 macetas ha permitido generar una base de datos de más de 4.000 registros, lo que supone una información bastante interesante pero difícil de gestionar.

Dado que el número de semillas sembradas por especie era un dato conocido, un primer análisis de esta base de datos de plántulas contabilizadas consiste en conocer el número total de emergencias obtenidas a partir de las sembradas por cada especie (Gráficos 4.1.1 y 4.1.2), lo cual permite obtener una idea, aunque sea aproximada, de la latencia de cada especie.

Para interpretar adecuadamente los mencionados gráficos se debe tener presente que únicamente hubo una maceta por especie, lo cual limita el estudio estadístico, sin embargo se confirman datos ya conocidos de algunas especies, como es el caso de malas hierbas que se caracterizan por tener poca latencia, entre las que se incluirían *Bromus diandrus* (BRODI, Fam. Poaceae), que es una mala hierba muy problemática en trigo cuando se realiza en monocultivo sin laboreo (Montull *et al.*, 2015). Otras especies que suelen presentar poca latencia habitualmente en el Jardín Arvense (Urbano, com. pers.) son *Chamaemelum fuscatum* (ANTPR, Fam. Asteraceae), *Sinapis alba* (SINAL, Fam. Brassicaceae), y *Plantago lanceolata* (PLALA, Fam. Plantaginaceae).

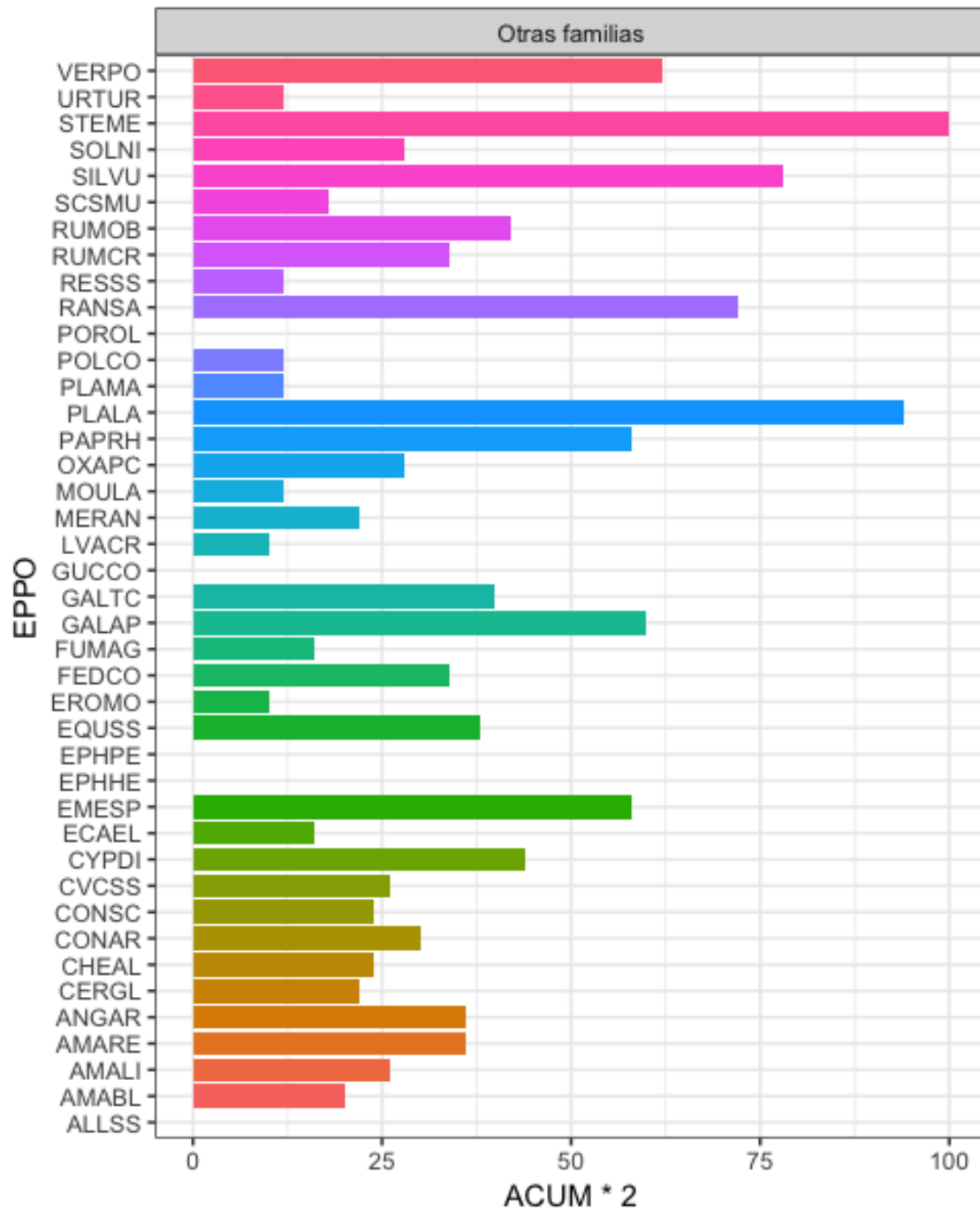
Gráfico 4.1.- Emergencias<sup>(a)</sup> acumuladas (familias más numerosas)



(a) En el eje “y” se presentan las especies por su código EPPO (Anejo I), y en el eje “x” el porcentaje de emergencias acumuladas respecto de las semillas sembradas

No obstante, aunque la información puede ser útil, los datos presentados de porcentaje total acumulado de emergencias no es la principal aportación de este trabajo, y no deberían extrapolarse directamente al campo, ya que el número de datos no es suficiente y es posible que el comportamiento de las semillas utilizadas se haya visto alterado por el proceso de almacenamiento, que fue en nevera y con tiempos muy diferentes entre las especies.

Gráfico 4.2.- Emergencias acumuladas <sup>(a)</sup> (resto de especies)



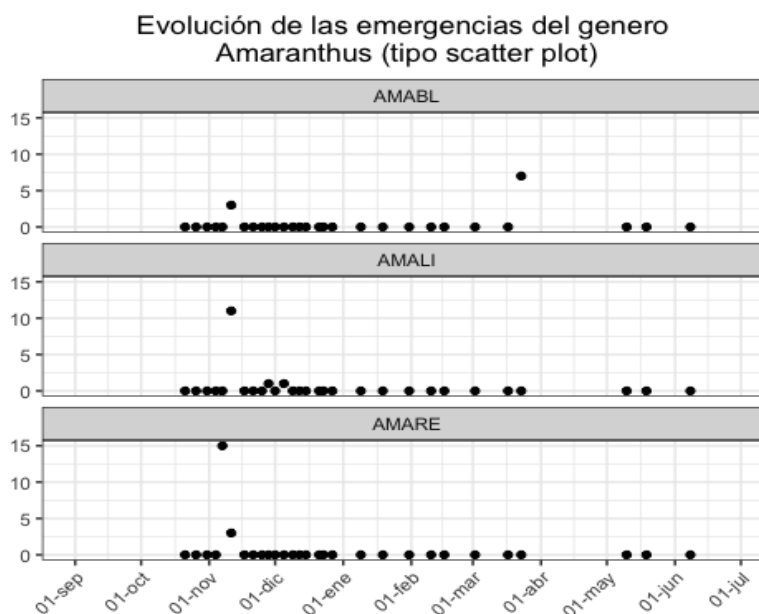
(a) En el eje "y" se presentan las especies por su código EPPO (Anejo I), y en el eje "x" el porcentaje de emergencias acumuladas respecto de las semillas sembradas

Sin embargo, además de la cantidad de plántulas emergidas, es útil conocer el momento en el que se produce la emergencia.

## 4.2.- Elaboración de gráficos.

Una primera aproximación a la representación de los resultados es el gráfico tipo scatter-plot, como el expuesto en el Gráfico 4.2.1, donde se aprecia el número de emergencias contabilizadas en cada día de evaluación para cada una de las tres especies del género *Amaranthus*.

Gráfico 4.2.1.- Gráfico tipo scatter plot del género *Amaranthus*.



Sin embargo el Gráfico 4.2.1 no consigue el objetivo propuesto de ser "amigable y fácil de interpretar por los técnicos de campo".

Para superar el mencionado inconveniente, se han explorado múltiples alternativas y se ha optado por la utilización del programa R (RCore Team, 2017), con el paquete Tidyverse (Wickham, 2017). Este paquete permite realizar gráficos tipo violín, que es una combinación de los gráficos de cajas y bigotes y una gráfica de densidad que muestra la forma de distribución de los datos.

De este modo, utilizando la opción "geom\_violin" del comando "ggplot", se puede elaborar un gráfico en el que permite especificar los niveles de los percentiles con la opción "draw\_quantiles" (Figura 4.2.2), que en este caso están establecidos en los niveles 10%, 50% (mediana) y 90%. Adicionalmente a estas opciones, el programa permite establecer otros parámetros, como son:

- el parámetro "trim", que determina si se quiere recortar, o no, la figura.
- el parámetro "scale" determina si las figuras tienen el mismo área (scale=area), o si tienen la misma anchura (scale=width).
- el parámetro "weight", que es el que ha permitido introducir la variable "número de emergencias obtenidas en cada evaluación". Si no se tiene en cuenta esta variable, el gráfico representa únicamente la frecuencia de las visitas, por lo que produciría gráficos idénticos para todas las especies.

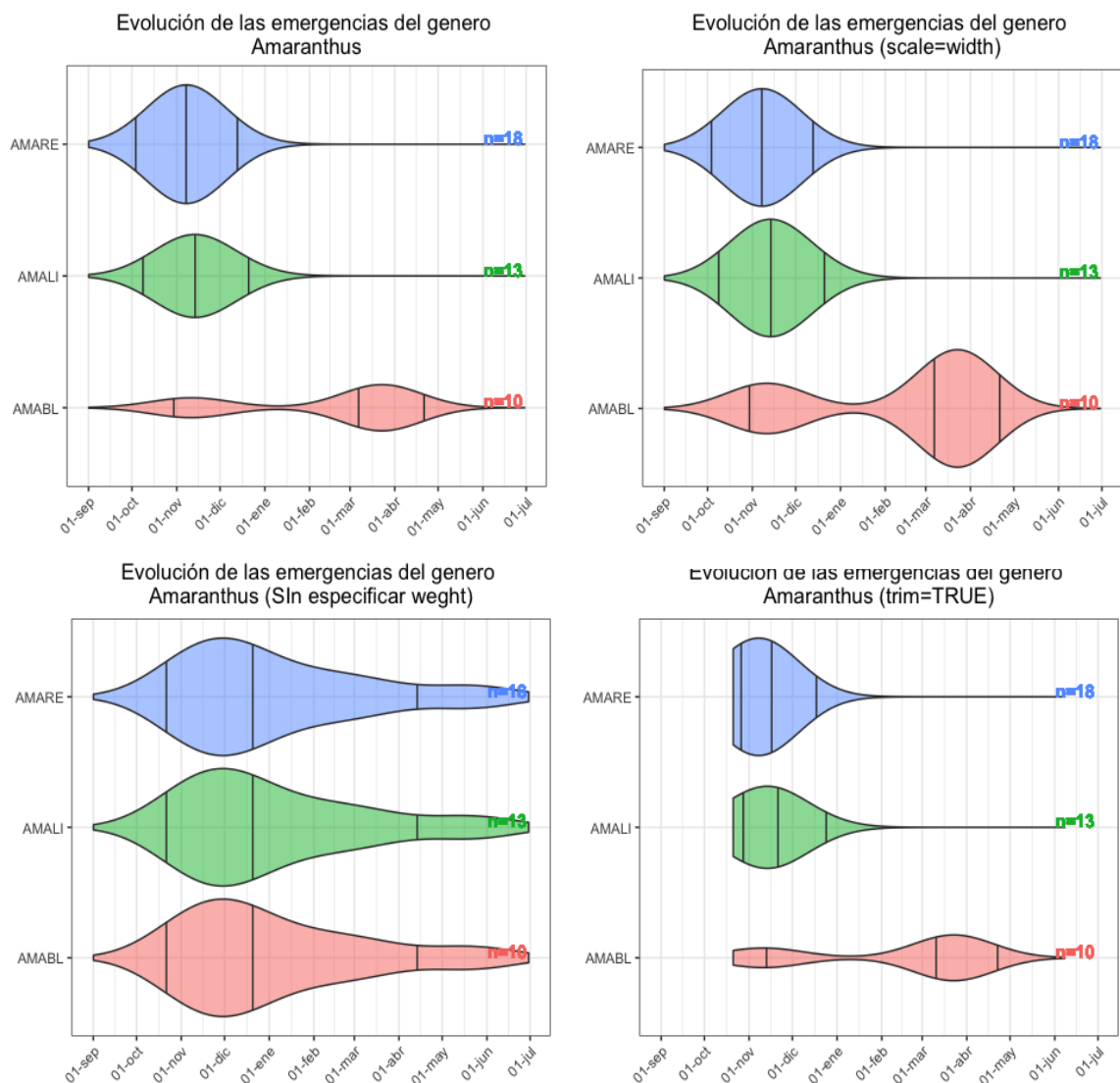


Figura 4.2.2.- Opciones posibles para los gráficos de tipo violín.

En el Anejo III se pueden observar los gráficos de todas las especies (representadas por géneros) estudiadas en el Jardín Arvense.

A continuación se incluye el Script completo utilizado para el gráfico modelo como ejemplo:

```
plotAMASS=ggplot(AMASS, aes(factor(EPPO), DATE2, weight=mn,
fill=factor(EPPO))) +
  geom_violin(draw_quantiles = c(0.1, 0.5, 0.9), trim = FALSE, scale="area",
alpha=0.5) +
  geom_text(data = AMASS, aes(x=factor(EPPO), y = as.Date("2017-06-15"), label =
LAB, colour=factor(EPPO)),
  position = position_dodge(width = 0.75), vjust = 0, fontface = "bold")+
  xlab("") + ylab("")+
  theme_bw() + ggtitle("Evolución de las emergencias del genero \nAmaranthus
(scale=width)")+
  scale_y_date(labels = date_format("%d-%b"), breaks = date_breaks("month"),
  limits=c(min=as.Date("2016-09-01"), max=as.Date("2017-06-30"))) +
  theme(plot.title = element_text(hjust = 0.5), legend.position="none", axis.text.x =
element_text(angle = 45, hjust = 1)) + coord_flip()
plotAMASS
```

#### 4.3.- Comparación con otros estudios.

Con el sistema de gráficos comentado en el apartado 4.2 se pueden diseñar gráficos que permitan realizar comparaciones adicionales a las presentadas de las especies del mismo género. Por ejemplo, se pueden comparar el comportamiento de la emergencia de una misma especie en distintos años o en distintas localidades.

En el apartado de Introducción se ha comentado que en la ETSIA se han realizado estudios de emergencia que no han sido posteriormente aprovechados debido a la complejidad de desarrollar análisis que permitan obtener resultados "amigables y fáciles de interpretar por los técnicos de campo".

Estos estudios, como suele ser habitual en tareas de investigación, se restringen a pocas especies, pero con el sistema utilizado en esta Trabajo Fin de Grado pueden ser ahora fácilmente combinados con los datos de emergencia del Jardín Arvense.



De este modo, se puede comparar el comportamiento de especies comunes, como ocurre con *Avena sterilis* (AVEST) y *Phalaris paradoxa* (PHAPA), tal y como se puede observar en el Gráfico 4.3.1. y Gráfico 4.3.2.

En estos Gráficos se puede observar que las curvas del año 2017 pasan a ser prácticamente irrelevantes debido a la escasez de datos en comparación con los años anteriores estudiados.

Gráfico 4.3.1. Comparativa de las emergencias de *Avena sterilis* del Jardín Arvense de 2017 con otros trabajos realizados en la ETSIA.

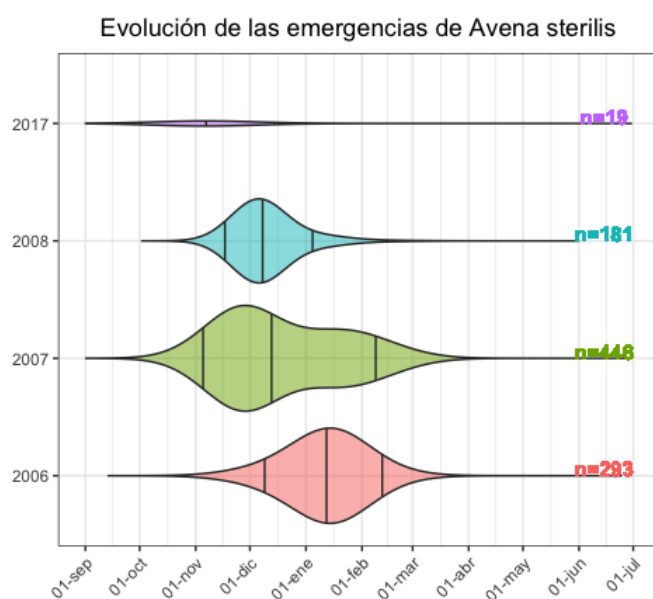
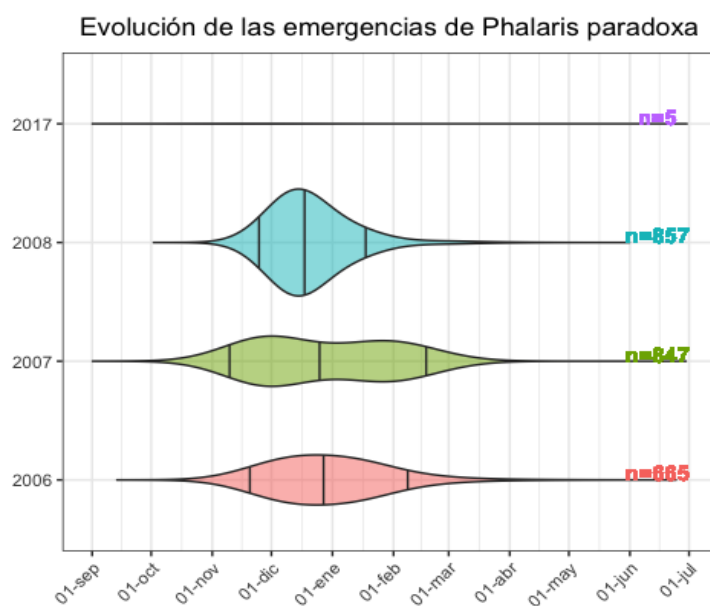


Gráfico 4.3.1. Comparativa de las emergencias de *Phalaris paradoxa* del Jardín Arvense de 2017 con otros trabajos realizados en la ETSIA.



#### **4.4.- Propuestas para futuros trabajos.**

Los resultados presentados en este trabajo demuestran que el Jardín Arvense tiene un gran potencial para generar datos de utilidad para el manejo de las malas hierbas, pero también han permitido detectar algunas carencias que pueden ser solventadas en futuros trabajos.

Entre las propuestas más relevantes, merece la pena destacar las siguientes:

- Ampliación a dos macetas por especie, al menos en el caso de las especies que se considere más relevantes, lo cual permitiría realizar análisis estadísticos más sólidos.
- Contabilización de emergencias ocurridas de forma natural, lo cual permitiría solventar el problema de la influencia en el comportamiento de la semilla por parte de las condiciones de almacenamiento.
- Incentivar el establecimiento de Jardines Arvenses en otras localidades o centros de enseñanza relacionada con la Agricultura.

## 5.- CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este Trabajo Fin de Grado han permitido conseguir las siguientes conclusiones:

- a.- Se ha conseguido utilizar el Jardín Arvense de la ETSIA como herramienta generadora de información para mejorar el conocimiento de la emergencia de las especies arvenses más relevantes de la zona.
- b.- Se ha elaborado un script (conjunto de comandos) para ser utilizado con el programa R de forma que se obtienen gráficos amigables y fáciles de interpretar para los técnicos de campo
- c.- El script diseñado permite una fácil actualización de los gráficos una vez que se añaden nuevos datos.
- d.- Este trabajo contribuye a rentabilizar y ampliar el uso del Jardín Arvense de la ETSIA porque, además del uso habitual como herramienta de reconocimiento de especies arvenses, se consigue información de utilidad para los agricultores y técnicos de la zona, mejorando de esta forma la divulgación y transferencia desde la Universidad al sector agrario.

## 6.- BIBLIOGRAFÍA

Cátedra Adama (2018) Cátedra Adama [Internet] Disponible en: <<http://www.adamacatedra.es/>> [ Acceso el de enero de 2018]

EWRS (2018) European Weed Research Society [Internet] Disponible en: <<http://www.ewrs.org/>> [Acceso el 18 de enero de 2018]

Jiménez-Hidalgo, M. J.; Palma, V.; Saavedra, M.; Pastor, M. (1991) La emergencia de *Lolium rigidum* Gaudin en Andalucía. In: Actas Reunión de la Sociedad Española de Maleherbología (Ed. García-Torres, L) pp. 128-132. Sociedad Española de Malherbología, Spain.

Montull J.M., , Llenes J.M., y Taberner A., (2015). Manejo integrado de *Bromus diandrus*. Resultados de tres años de ensayos. En XV Congreso de la Sociedad Española de Malherbología: La Malherbología y la transferencia tecnológica: Sevilla, 19 - 22 octubre 2015 (29-34), Sevilla: Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural.

R Core Team (2017). “R: A language and environment for statistical computing”. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.

Royo-Esnaol, A., Loddo, D., Necajeva, J., Jensen, P.K., de Mol, F., Economou, G., Taab, A., Bochenek, A., Synowiec, A., Calha, I., Andersson, L., Uludag, A., Uremis, I., Torresen, K.S., 2017. Emergence of *Echinochloa crus-galli* populations through a climatic gradient, THE 5 INTERNATIONAL SYMPOSIUM WEEDS & INVASIVE PLANTS. Agricultural University of Athens, Chios (Grecia).

RStudio (2018) RStudio[Internet] Disponible en: < <https://www.rstudio.com>> [Acceso el 18 de enero de 2018]

Saavedra, M., Pastor, M., 2002. *Sistemas de cultivo en olivar. Manejo de malas hierbas y herbicidas*. Ed. Agrícola Española S.A. Madrid. 428 pp.

SEMh (2018) Sociedad Española de Malherbología [Internet] Disponible en: <<http://semh.net/>> [ Acceso el 18 de enero de 2018]

Tirado, F.M. (2009). Estudio de la emergencia de *Chenopodium álbum*, *Avena sterilis* y *Phalaris* spp. en la campaña 2007/2008. Trabajo Final de Carrera. Sevilla. Universidad de Sevilla.

Türkseven, S., Can Paylen, I., Uludag, A., Demirci, M., Çapkan, D., 2017. Germination and growth characteristics of wild oats, THE 5 INTERNATIONAL SYMPOSIUM WEEDS & INVASIVE PLANTS. Agricultural University of Athens, Chios (Grecia).

Wickham, H. (2017). Tidyverse: Easily Install and Load the ‘Tidyverse’. R package version 1.2.1. <https://CRAN.R-project.org/package=tidyverse>

Zambrano, C.L., 2013. Demografía y dinámica poblacional de *Conyza bonariensis* (L.) Cronq (Tesis Doctoral). Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba. , Córdoba.

## Anejo I: Material vegetal utilizado

Tabla 7: Material vegetal (O=Otoño, P=Primavera, SB=Seed Bank)

ESPECIES	EPP017	FAMILIA	CICLO	SOURCE
<i>Calendula arvensis</i>	CLDAR	Asteraceae	O	SB-B0038
<i>Centaurea cyanus</i>	CENCY	Asteraceae	O	SB-B0478
<i>Centaurea diluta</i>	CENDL	Asteraceae	O	SB-B0893
<i>Centaurea melitensis</i>	CENME	Asteraceae	O	SB-B0560
<i>Chamaemelum fuscatum</i>	ANTPR	Asteraceae	O	SB-A1699
<i>Chamaemelum mixtum</i>	ANTMI	Asteraceae	O	SB-A1511
<i>Chrysanthemum coronarium</i>	CHYCO	Asteraceae	O	SB-B0486
<i>Conyza bonariensis</i>	ERIBO	Asteraceae	O	SB-B0132
<i>Conyza canadensis</i>	ERICA	Asteraceae	O	SB-A1490
<i>Conyza sumatrensis</i>	ERISU	Asteraceae	O	SB-A1836
<i>Picris echioides</i>	PICEC	Asteraceae	O	SB-B0513
<i>Senecio vulgaris</i>	SENVU	Asteraceae	O	SB-B0025
<i>Silybum marianum</i>	SLYMA	Asteraceae	O	SB-B0108
<i>Cardaria draba</i>	CADDR	Brassicaceae	O	-
<i>Diplotaxis virgata</i>	DIPVG	Brassicaceae	O	SB-A1702
<i>Hirschfeldia incana</i>	HISIN	Brassicaceae	O	SB-B0930
<i>Raphanus raphanistrum</i>	RAPRA	Brassicaceae	O	SB-A1128
<i>Rapistrum rugosum</i>	RASRU	Brassicaceae	O	SB-B0411
<i>Sinapis alba</i>	SINAL	Brassicaceae	O	SB-B0059
<i>Sinapis arvensis</i>	SINAR	Brassicaceae	O	SB-A1966
<i>Fedia cornucopiae</i>	FEDCO	Caprifoliaceae	O	SB-B0213
<i>Cerastium glomeratum</i>	CERGL	Cariofilaceae	O	SB-B0230
<i>Silene vulgaris</i>	SILVU	Cariofilaceae	O	SB-A1302
<i>Stellaria media</i>	STEME	Cariofilaceae	O	SB-A1043
<i>Convolvulus arvensis</i>	CONAR	Convolvulaceae	O	SB-A1992
<i>Convolvulus scammonia</i>	CONSC	Convolvulaceae	O	SB-A0148
<i>Euphorbia peplus</i>	EPHPE	Euphorbiaceae	O	SB-A1186
<i>Mercurialis annua</i>	MERAN	Euphorbiaceae	O	SB-A2008
<i>Erodium moschatum</i>	EROMO	Geraniaceae	O	SB-B0191
<i>Allium sp</i>	ALLSS	Liliaceae	O	SB-B0954
<i>Lavatera cretica</i>	LVACR	Malvaceae	O	SB-B0515
<i>Oxalis pes-caprae</i>	OXAPC	Oxalidaceae	O	-
<i>Fumaria agraria</i>	FUMAG	Papaveraceae	O	SB-B0002
<i>Papaver rhoeas</i>	PAPRH	Papaveraceae	O	SB-A1100
<i>Plantago lanceolata</i>	PLALA	Plantaginaceae	O	SB-A1913
<i>Plantago major</i>	PLAMA	Plantaginaceae	O	SB-A1798
<i>Veronica polita</i>	VERPO	Plantaginaceae	O	SB-A1808
<i>Alopecurus myosuroides</i>	ALOMY	Poaceae	O	SB-A1786
<i>Avena fatua</i>	AVEFA	Poaceae	O	SB-B0732
<i>Avena sterilis</i>	AVEST	Poaceae	O	SB-B0737

<i>Bromus diandrus</i>	BRODI	Poaceae	O	SB-A1768
<i>Lolium multiflorum</i>	LOLMU	Poaceae	O	SB-B0630
<i>Lolium rigidum</i>	LOLRI	Poaceae	O	SB-B0452
<i>Phalaris brachystachys</i>	PHABR	Poaceae	O	-
<i>Phalaris minor</i>	PHAMI	Poaceae	O	SB-A0842
<i>Phalaris paradoxa</i>	PHAPA	Poaceae	O	SB-A0895
<i>Piptatherum miliaceum</i>	ORZMI	Poaceae	O	SB-B0981
<i>Poa annua</i>	POAAN	Poaceae	O	SB-B0762
<i>Polypogon monspeliensis</i>	POHMO	Poaceae	O	SB-A0977
<i>Emex spinosa</i>	EMESP	Polygonaceae	O	SB-B0445
<i>Polygonum convolvulus</i>	POLCO	Polygonaceae	O	SB-B0225
<i>Rumex crispus</i>	RUMCR	Polygonaceae	O	SB-B0791
<i>Rumex obtusifolius</i>	RUMOB	Polygonaceae	O	SB-B0710
<i>Anagallis arvensis</i>	ANGAR	Primulaceae	O	SB-A1737
<i>Ranunculus sardous</i>	RANSA	Ranunculaceae	O	SB-B0711
<i>Galium aparine</i>	GALAP	Rubiaceae	O	-
<i>Conium maculatum</i>	COIMA	Umbelliferae	O	SB-B0980
<i>Daucus carota</i>	DAUCA	Umbelliferae	O	SB-B0511
<i>Torilis arvensis</i>	TOIAR	Umbelliferae	O	SB-B0979
<i>Torilis nodosa</i>	TOINO	Umbelliferae	O	SB-A1758
<i>Urtica urens</i>	URTUR	Urticaceae	O	SB-A1989
<i>Amaranthus blitoides</i>	AMABL	Amaranthaceae	P	SB-A0018
<i>Amaranthus blitum</i>	AMALI	Amaranthaceae	P	SB-B0701
<i>Amaranthus retroflexus</i>	AMARE	Amaranthaceae	P	SB-A1120
<i>Xanthium strumarium</i>	XANST	Asteraceae	P	SB-B0551
<i>Chenopodium album</i>	CHEAL	Chenopodiaceae	P	SB-B0523
<i>Cuscuta sp</i>	CVCSS	Cuscutaceae	P	SB-A2003
<i>Cyperus difformis</i>	CYPDI	Cyperaceae	P	SB-B0424
<i>Equisetum sp</i>	EQUSS	Equisetaceae	P	-
<i>Molucella laevis</i>	MOULA	Lamiaceae	P	SB-A1522
<i>Digitaria sanguinalis</i>	DIGSA	Poaceae	P	SB-A0220
<i>Leptochloa uninervia</i>	LEFUN	Poaceae	P	SB-A1824
<i>Setaria verticillata</i>	SETVE	Poaceae	P	SB-A1004
<i>Solanum nigrum</i>	SOLNI	Solanaceae	P	SB-A1807
<i>Ridolfia segetum</i>	CRYRI	Umbelliferae	P	SB-A1756
<i>Cirsium arvense</i>	CIRAR	Asteraceae	O	SB-B0067
<i>Eruca sp</i>	ERUSS	Brassicaceae	O	SB-A0684
<i>Euphorbia helioscopia</i>	EPHHE	Euphorbiaceae	O	SB-B0179
<i>Scorpiurus muricatus</i>	SCSMU	Fabaceae	O	SB-B0969
<i>Glaucium corniculatum</i>	GUCCO	Papaveraceae	O	SB-A1512
<i>Reseda sp</i>	RESSS	Resedaceae	O	SB-A0994
<i>Galium tricornutum</i>	GALTC	Rubiaceae	O	SB-B0813

## Anejo II: Calendario de evaluaciones.

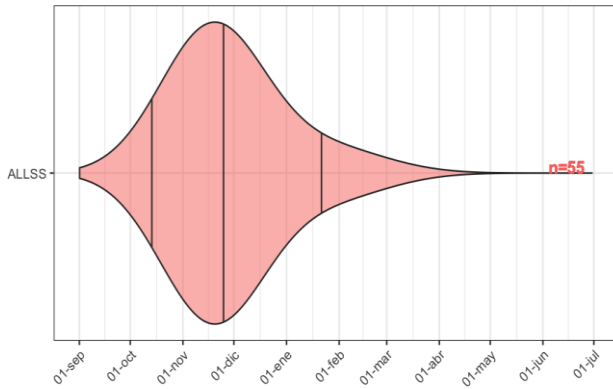
Tabla 8: Calendario de evaluaciones (D.D.S = Días después de la siembra)

Actividad	Fecha real	Fecha relativa a la siembra de otoño	Fecha relativa a la siembra de primavera	Fecha relativa a la resiembra
Siembra otoño	Del 04/10/2016 al 07/10/2016	0 DDS	-	-
Siembra primavera	14/10/2016	-	0 DDS	-
Eval. 1	21/10/2016	17-20 DDS	7DDS	-
Eval. 2	26/10/2016	22-25 DDS	12 DDS	-
Eval. 3	31/10/2016	27-30 DDS	17 DDS	-
Eval. 4	4/11/2016	31-34 DDS	21 DDS	-
Eval.5	7/11/2016	34-37 DDS	24 DDS	-
Eval.6	11/11/2016	38-41 DDS	28 DDS	-
Eval.7	17/11/2016	44-47 DDS	34 DDS	-
Eval.8	21/11/2016	48-51 DDS	38 DDS	-
Eval.9	25/11/2016	52-55 DDS	42 DDS	-
Eval.10	28/11/2016	55-58 DDS	45 DDS	-
Resiembra	30/11/2016	-	-	0 DDS
Eval.11	01/12/2016	58-61 DDS	48 DDS	1 DDS
Eval.12	5/12/2016	62-65 DDS	52 DDS	5 DDS
Eval.13	09/12/2016	66-69 DDS	56 DDS	9 DDS
Eval.14	12/12/2016	69-72 DDS	59 DDS	12 DDS
Eval.15	15/12/2016	72-75 DDS	62 DDS	15 DDS
Eval.16	21/12/2016	78-81 DDS	68 DDS	21 DDS
Eval.17	23/12/2016	80-83 DDS	70 DSS	23 DDS
Eval.18	27/12/2016	84-87 DDS	74 DDS	27 DDS
Eval.19	30/12/2016	87-90 DDS	77 DDS	30 DDS
Eval.20	9/01/2017	96-99 DDS	87 DDS	41 DDS
Eval.21	19/01/2017	106-109 DDS	97 DDS	50 DDS
Eval.22	31/01/2017	118-121 DDS	109 DDS	62 DDS
Eval.23	10/02/2017	128-131 DDS	119 DDS	72 DDS
Eval.24	16/02/2017	134-137 DDS	125 DDS	78 DDS
Eval.25	02/03/2017	148-151 DDS	139 DDS	92 DDS
Eval.26	17/03/2017	163-166 DDS	154 DDS	107 DDS
Eval.27	23/03/2017	169-172 DDS	160 DDS	113 DDS
Eval.28	10/05/2017	217-220 DDS	208 DDS	162 DDS
Eval.29	19/05/2017	226-229 DDS	217 DDS	171 DDS
Eval.30	08/06/2017	246-249 DDS	237 DDS	191 DDS

### Anejo III: Gráficos de todas las especies (representadas por géneros) estudiadas en el Jardín Arvense

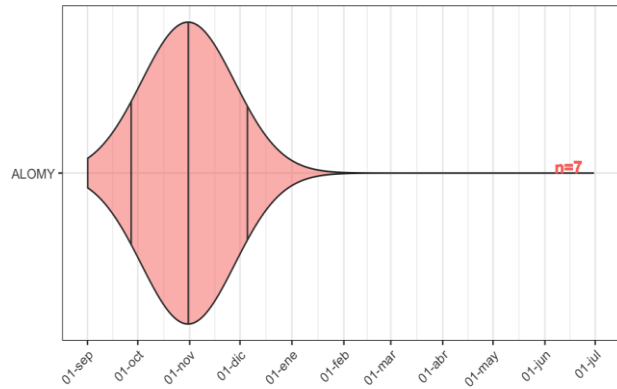
Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Allium

factor(EPP0) a ALLSS



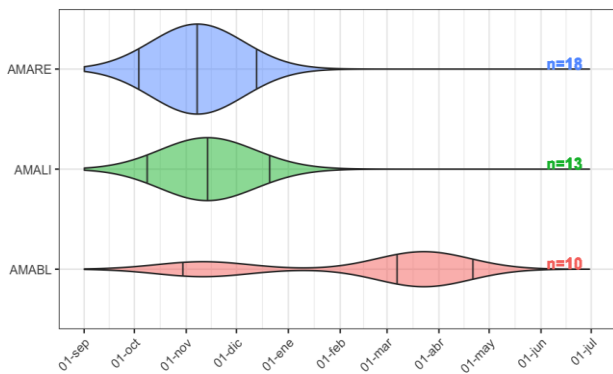
Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Alopecurus

factor(EPP0) a ALOMY



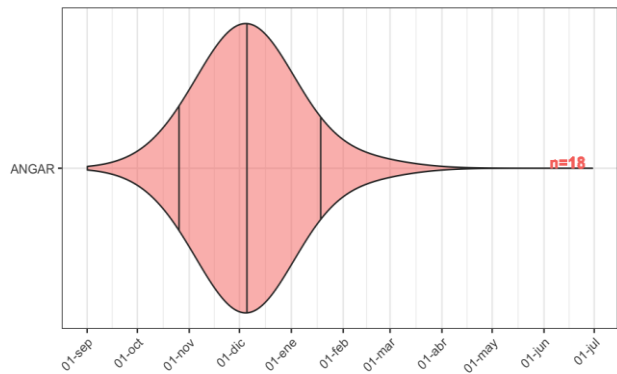
Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Amaranthus

factor(EPP0) a AMABL a AMALI a AMARE



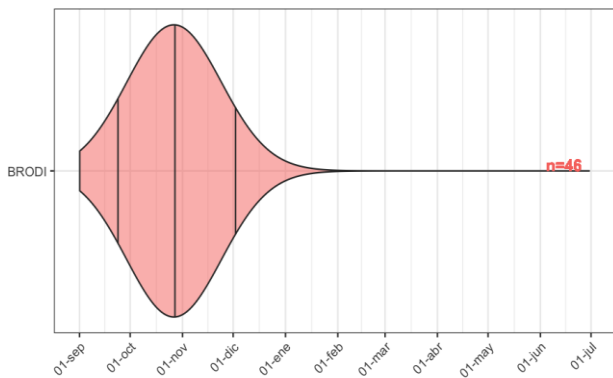
Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Anagallis

factor(EPP0) a ANGAR



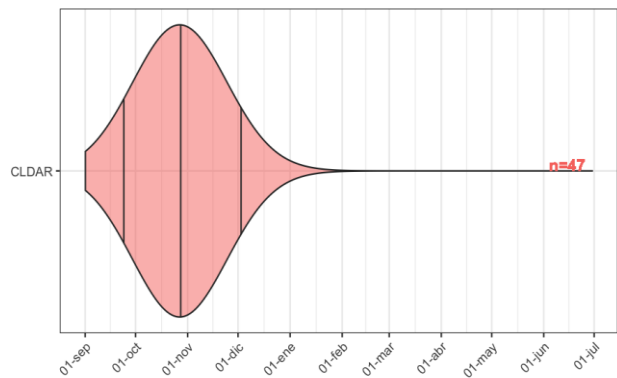
Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Bromus

factor(EPP0) a BRODI



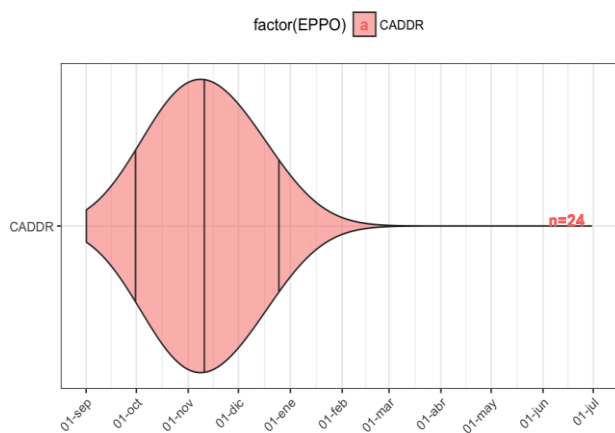
Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Calendula

factor(EPP0) a CLDAR

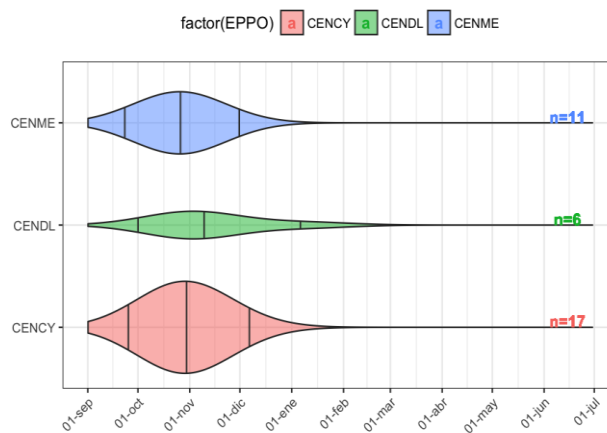




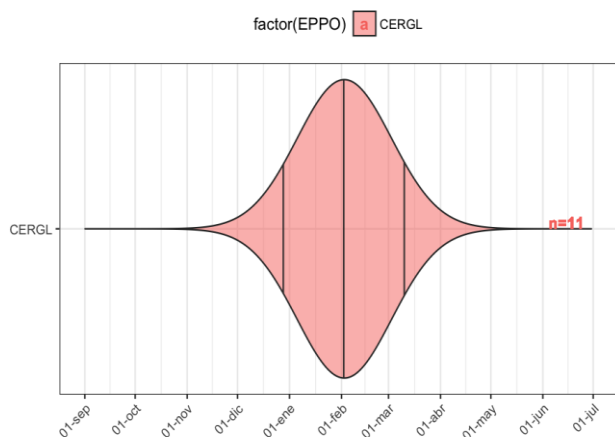
Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Cardaria



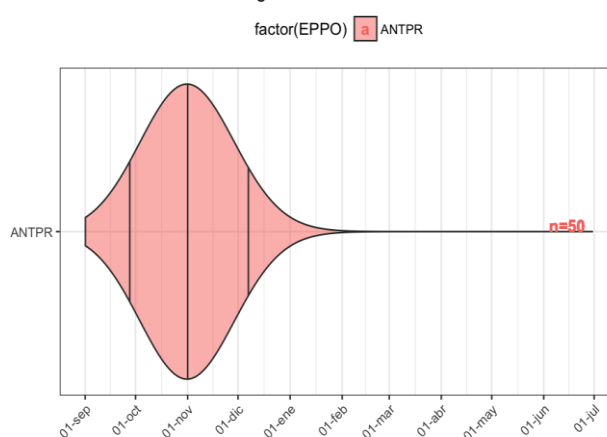
Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Centaurea



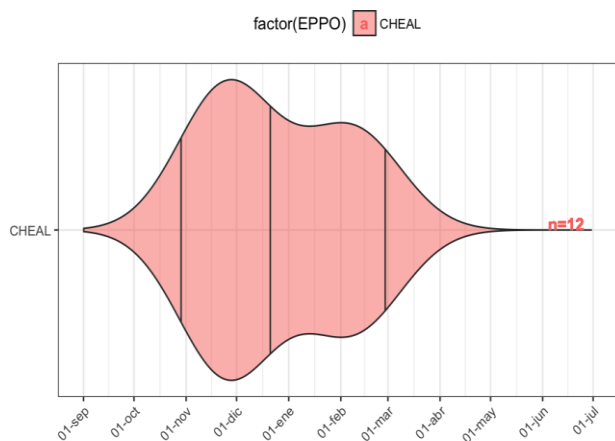
Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Cerastium



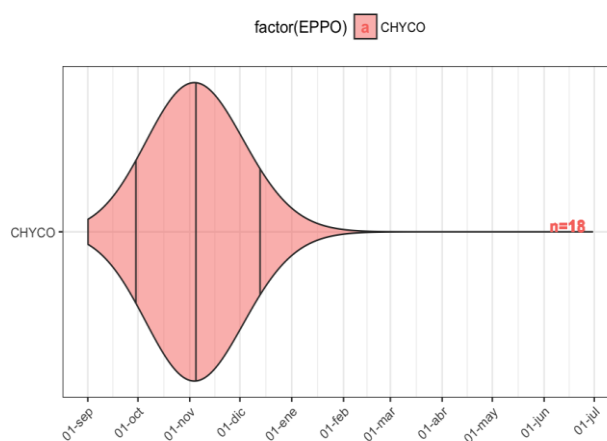
Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Chamaemelum



Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Chenopodium

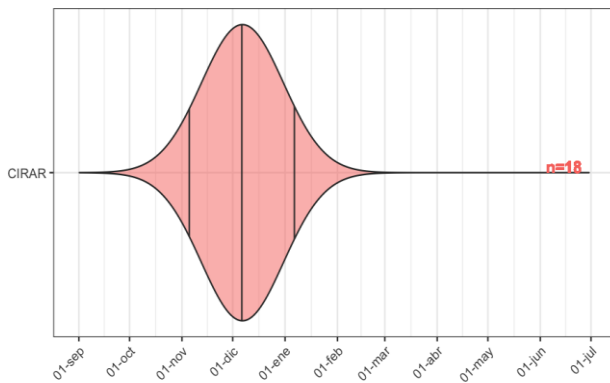


Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Chrysanthemum



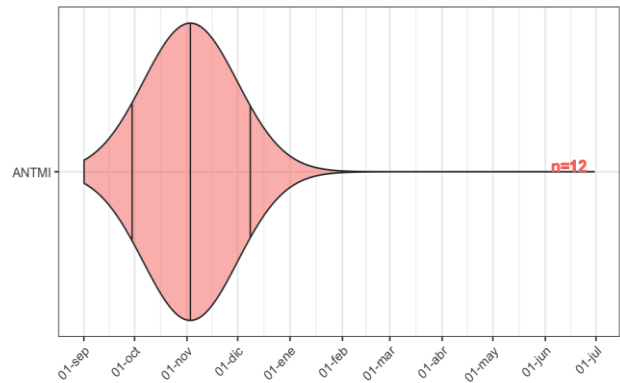
Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: *Cirsium*

factor(EPPO) a CIRAR



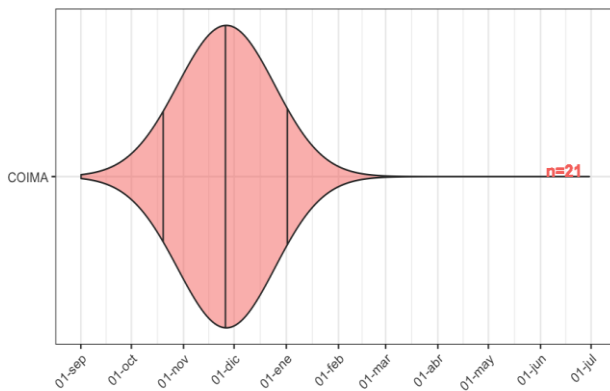
Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: *Cladanthus*

factor(EPPO) a ANTMi



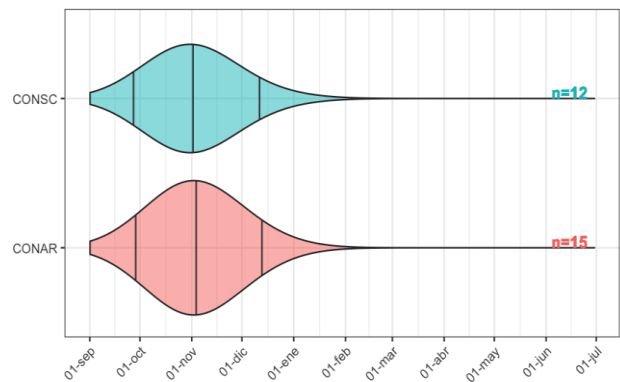
Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: *Conium*

factor(EPPO) a COIMA



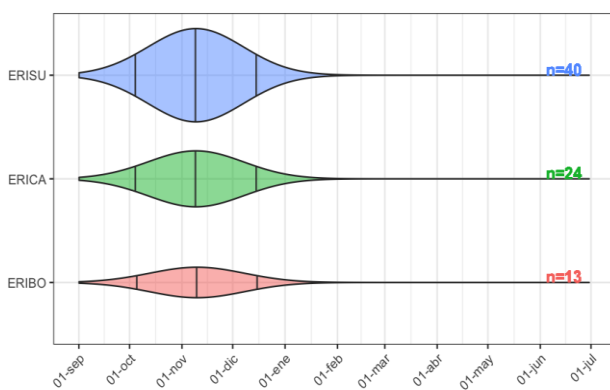
Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: *Convolvulus*

factor(EPPO) a CONAR a CONSC



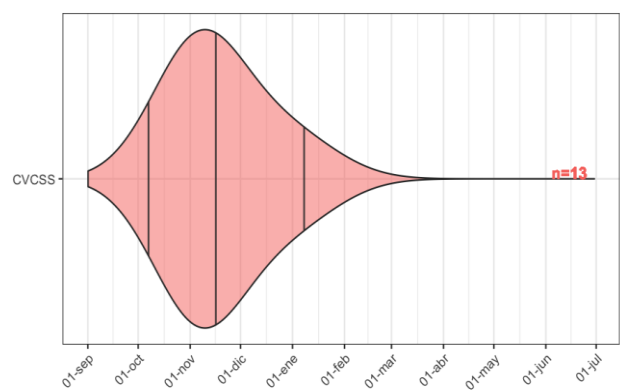
Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: *Conyza*

factor(EPPO) a ERIBO a ERICA a ERISU



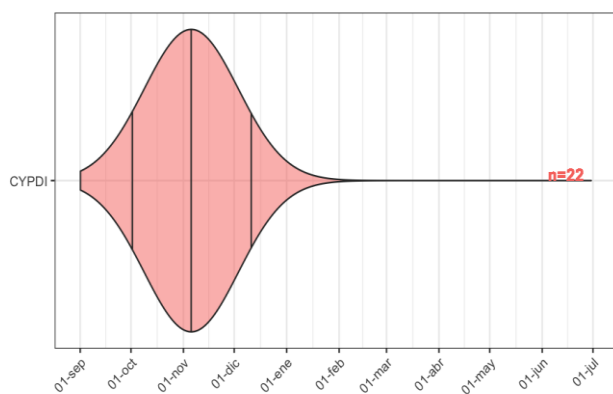
Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: *Cuscuta*

factor(EPPO) a CVCSS



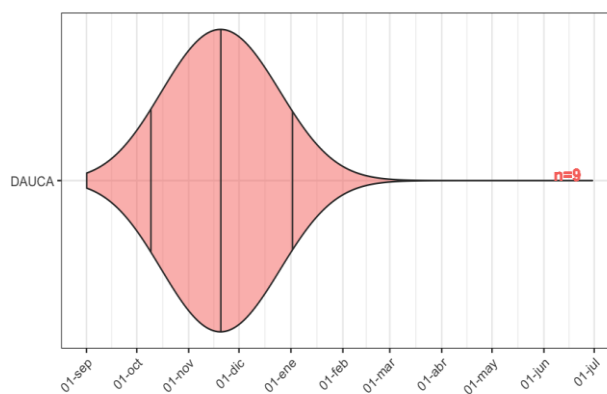
Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Cyperus

factor(EPP0) a CYPDI



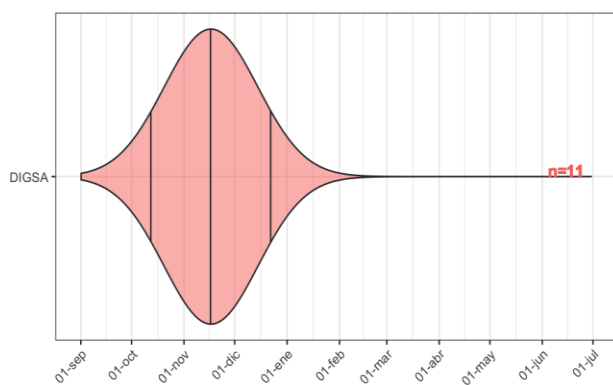
Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Daucus

factor(EPP0) a DAUCA



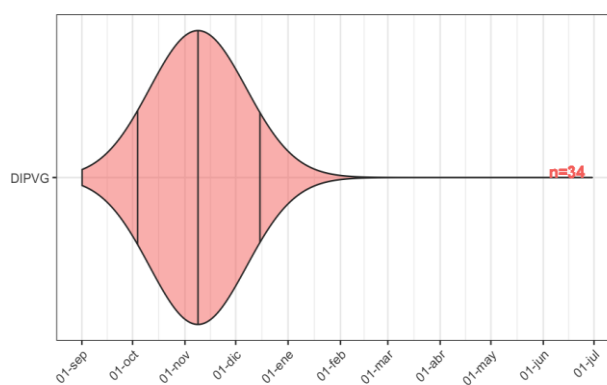
Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Digitaria

factor(EPP0) a DIGSA



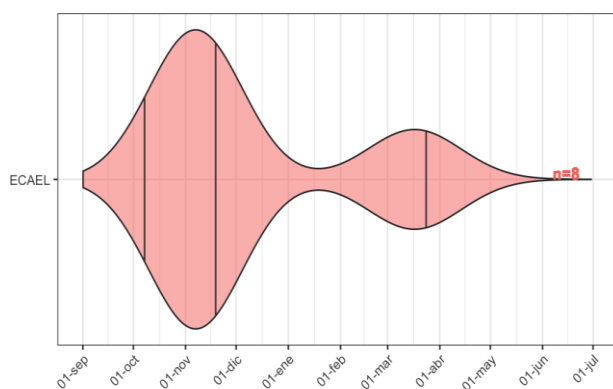
Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Diplotaxis

factor(EPP0) a DIPVG



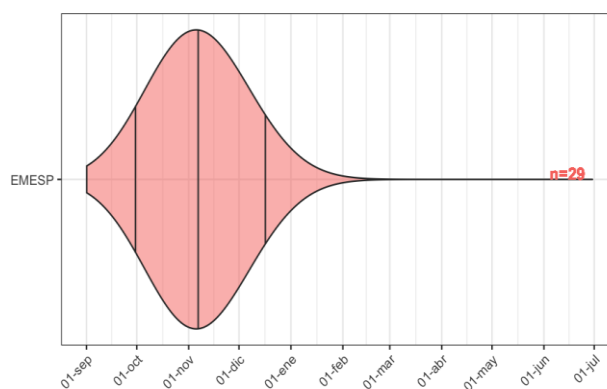
Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Ecballium

factor(EPP0) a ECAEL



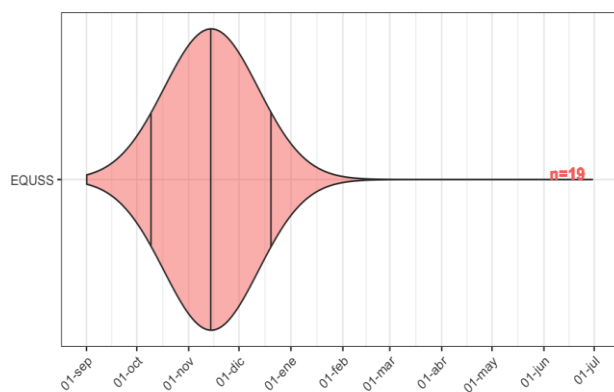
Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Emex

factor(EPP0) a EMESP



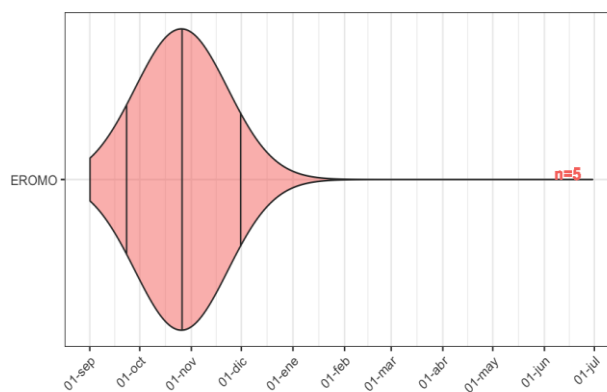
Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Equisetum

factor(EPPO) a EQUSS



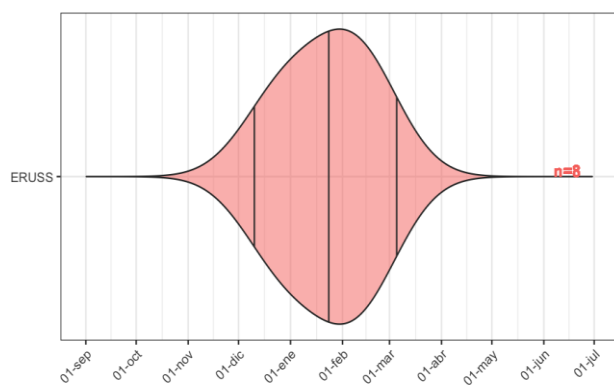
Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Erodium

factor(EPPO) a EROMO



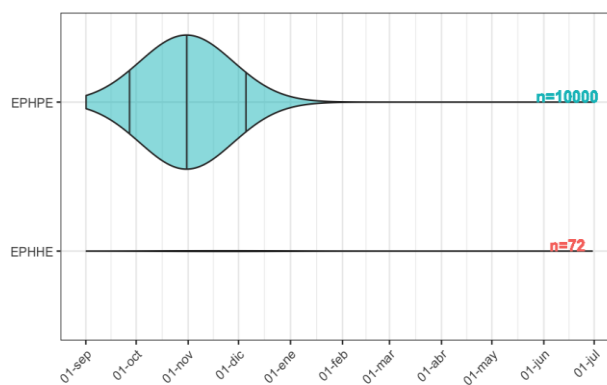
Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Eruca

factor(EPPO) a ERUSS



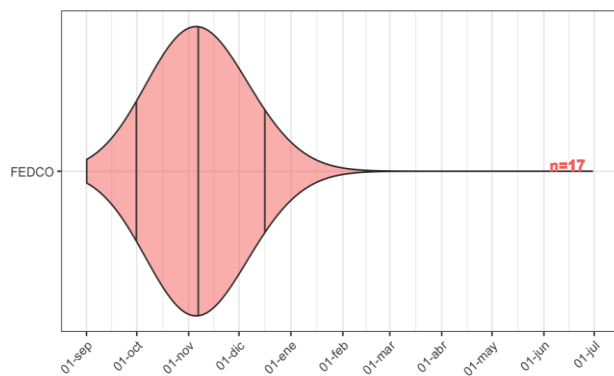
Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Euphorbia

factor(EPPO) a EPHHE a EPHPE



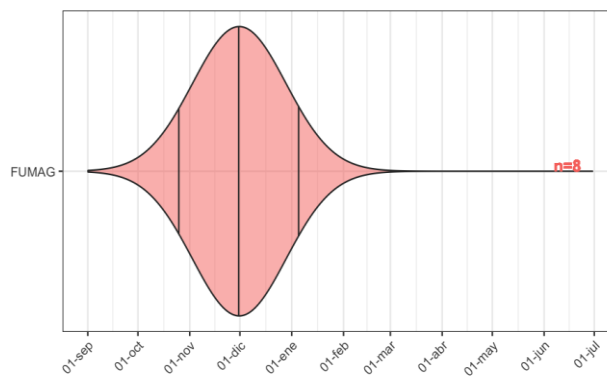
Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Fedia

factor(EPPO) a FEDCO

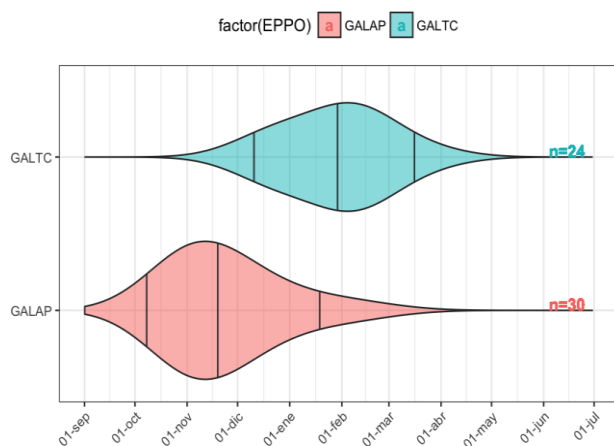


Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Fumaria

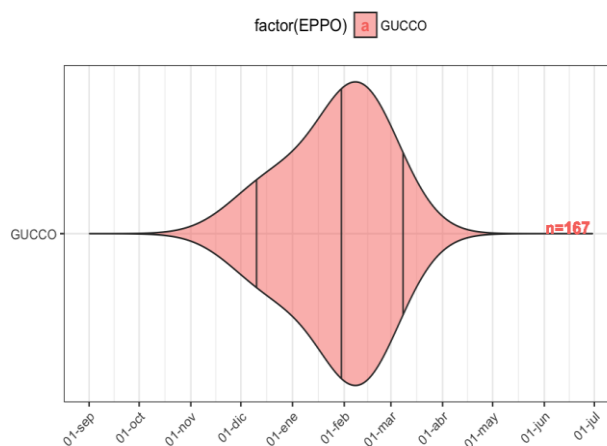
factor(EPPO) a FUMAG



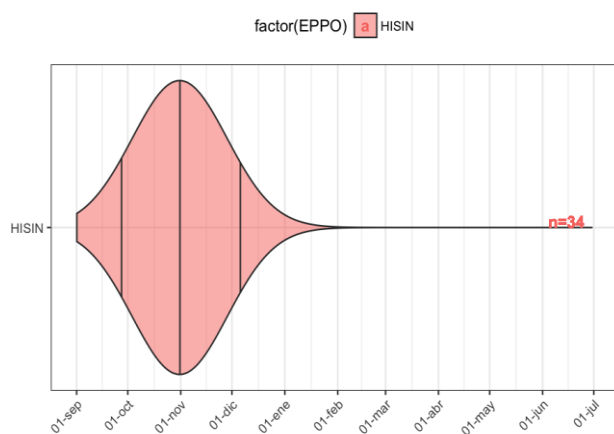
Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Galium



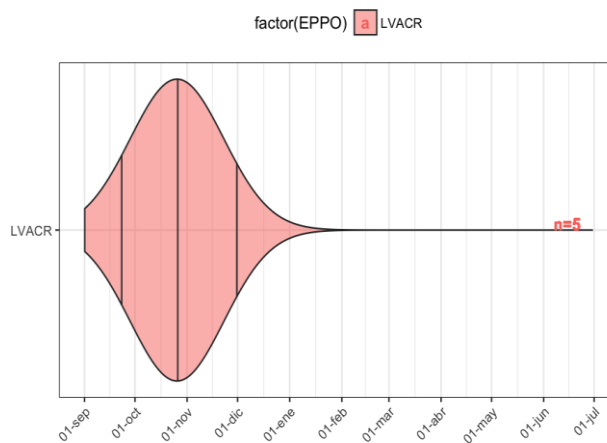
Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Glaucium



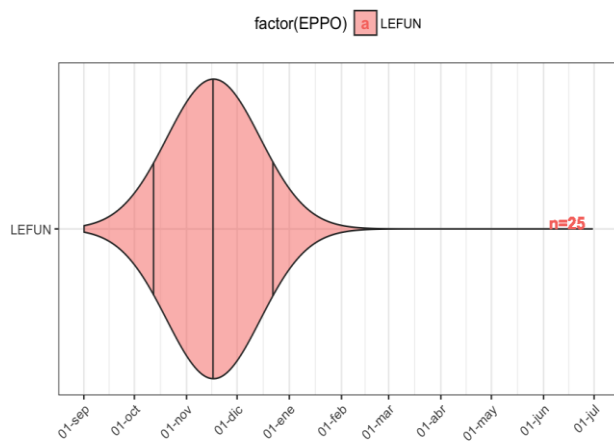
Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Hirschfeldia



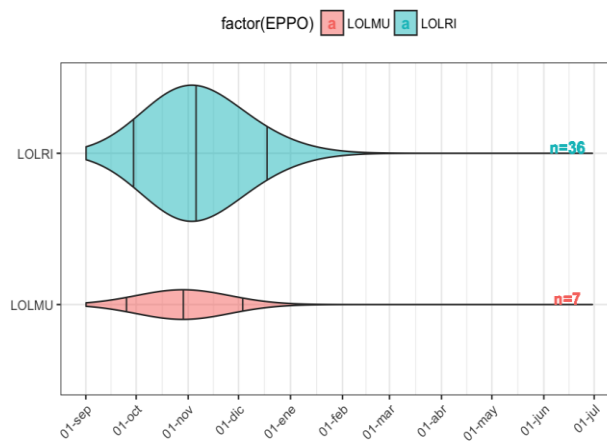
Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Lavatera



Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Leptochloa

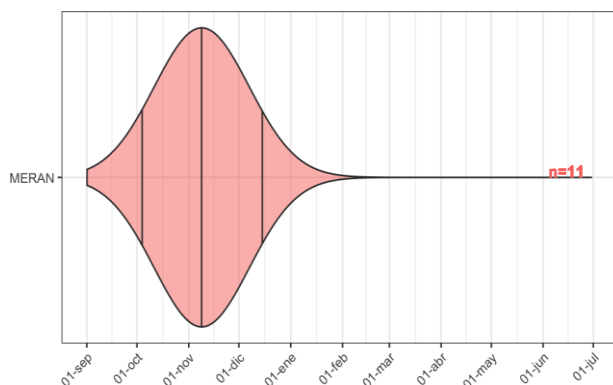


Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Lolium



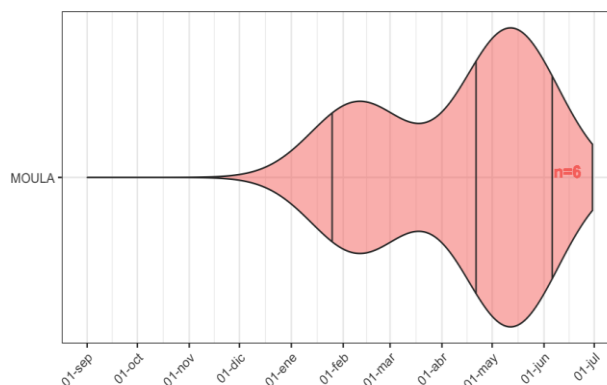
Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Mercurialis

factor(EPP0) a MERAN



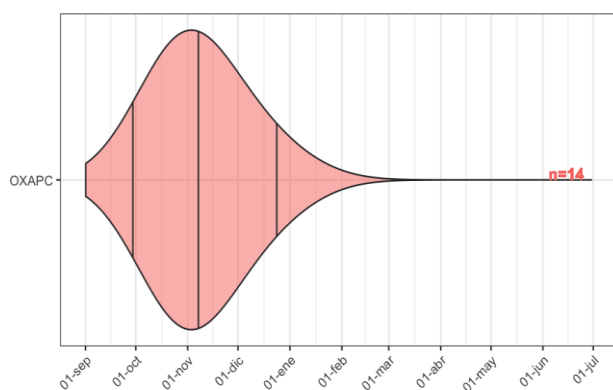
Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Moluccella

factor(EPP0) a MOULA



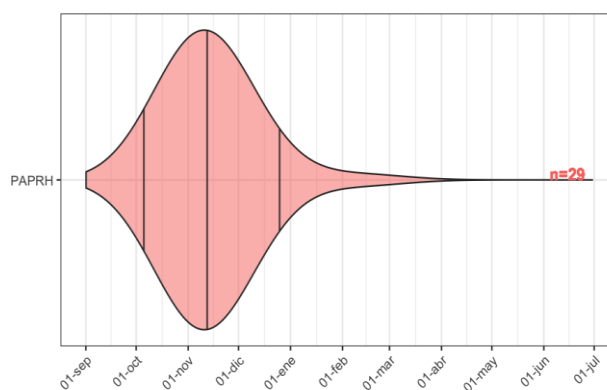
Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Oxalis

factor(EPP0) a OXAPC



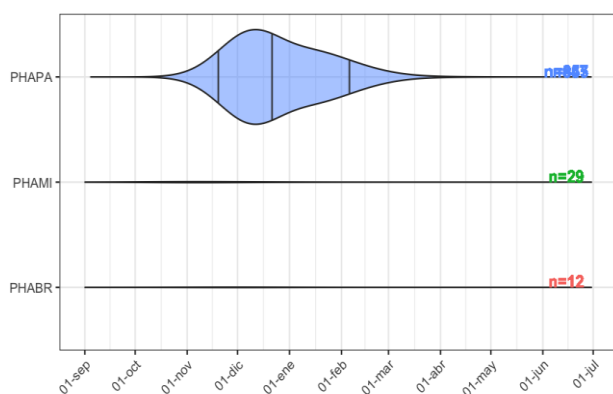
Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Papaver

factor(EPP0) a PAPRH



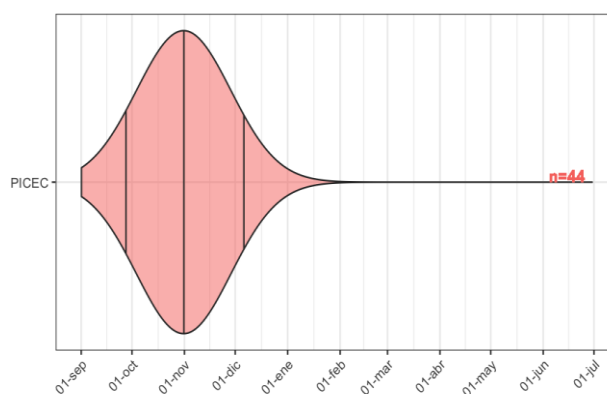
Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Phalaris

factor(EPP0) a PHABR a PHAMI a PHAPA

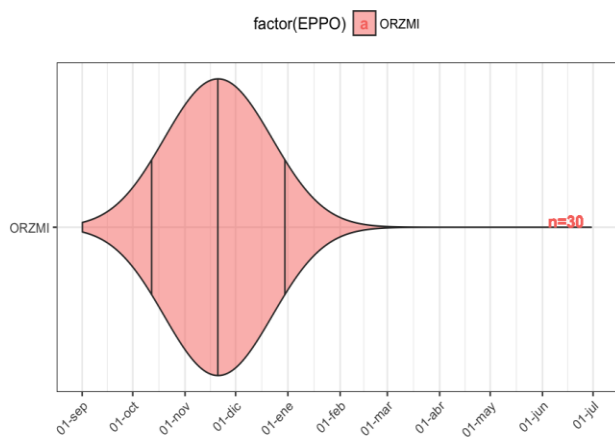


Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Picris

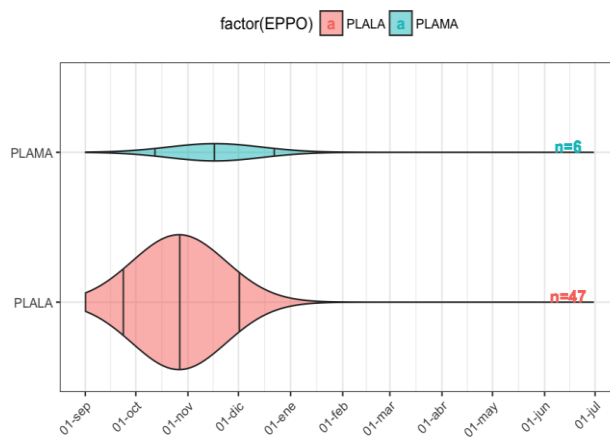
factor(EPP0) a PICEC



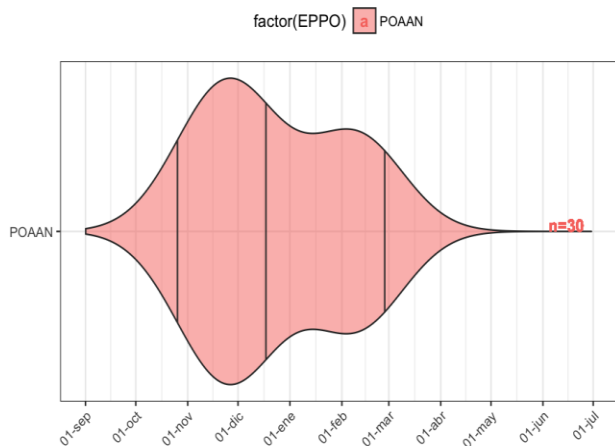
Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Piptatherum



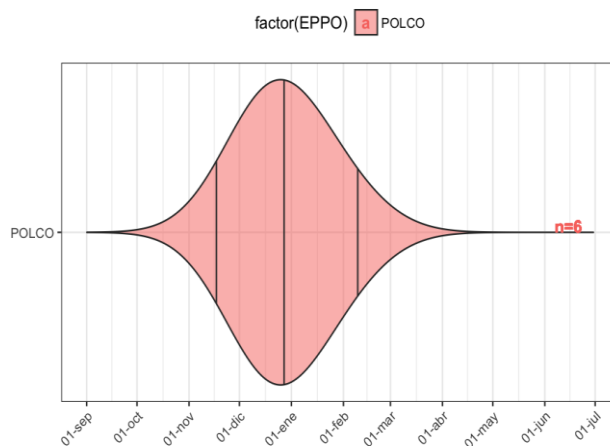
Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Plantago



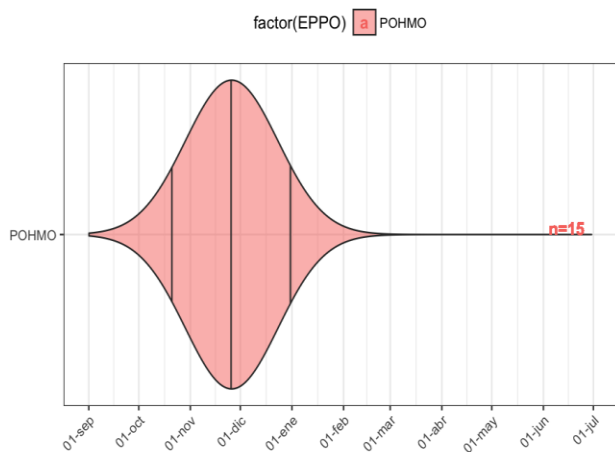
Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Poa



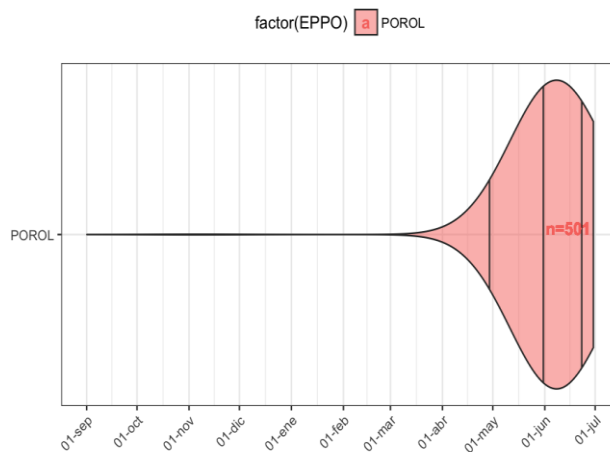
Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Polygonum



Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Polypogon

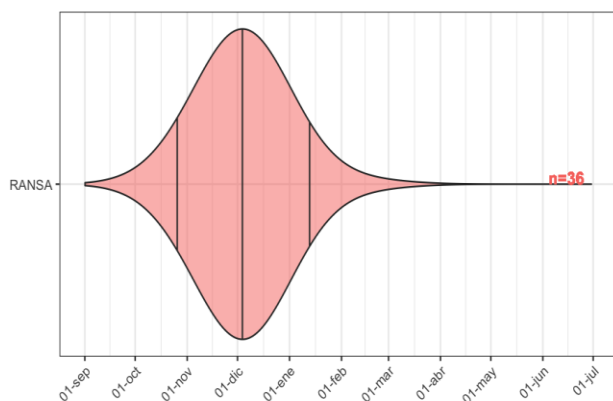


Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Portulaca



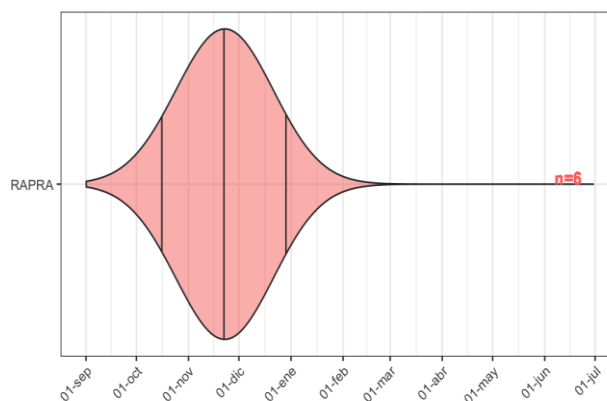
Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Ranunculus

factor(EPP0) a RANSA



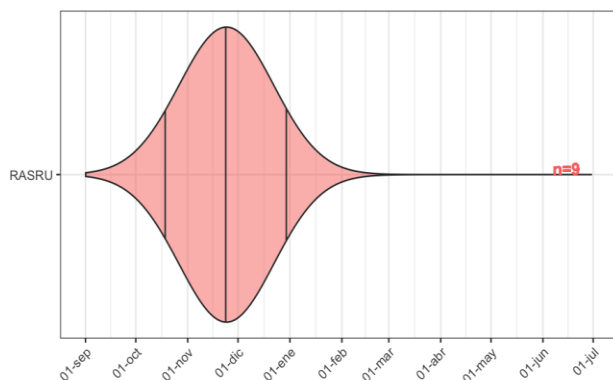
Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Raphanus

factor(EPP0) a RAPRA



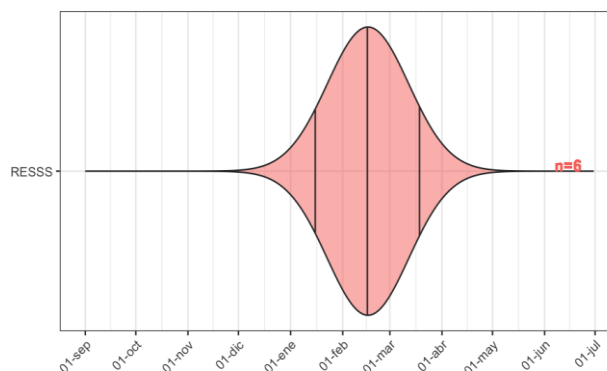
Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Rapistrum

factor(EPP0) a RASRU



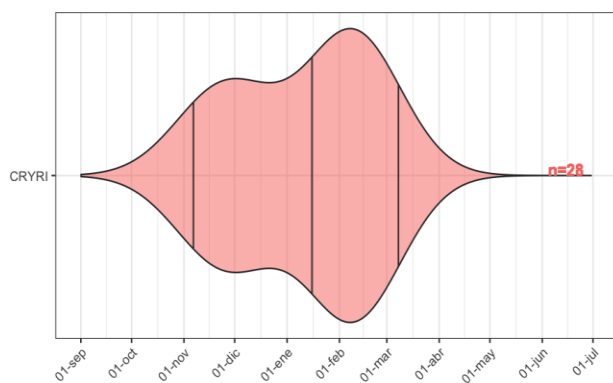
Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Reseda

factor(EPP0) a RESSS



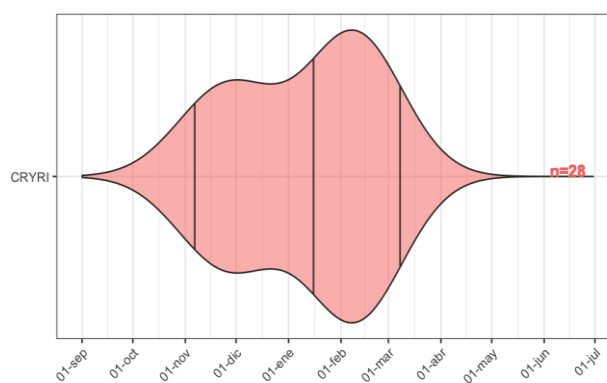
Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Ridolfia

factor(EPP0) a CRYRI



Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Ridolfia

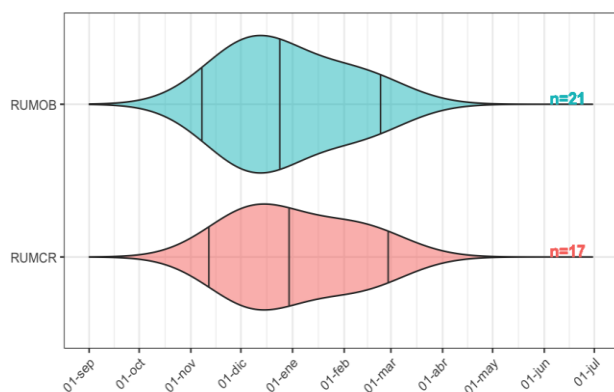
factor(EPP0) a CRYRI





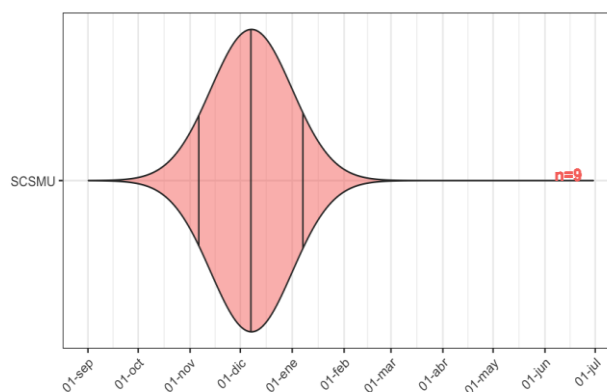
Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Rumex

factor(EPP0) ■ RUMCR ■ RUMOB



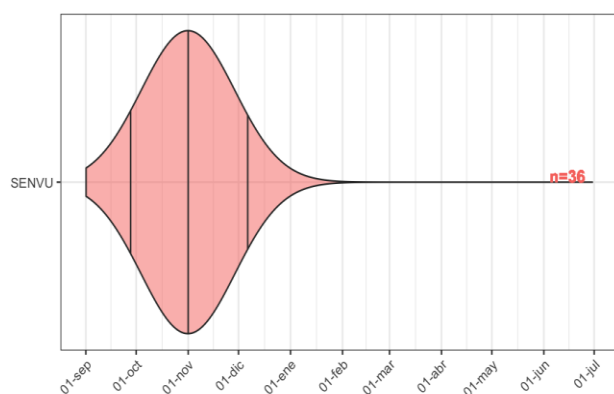
Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Scorpiurus

factor(EPP0) ■ SCSMU



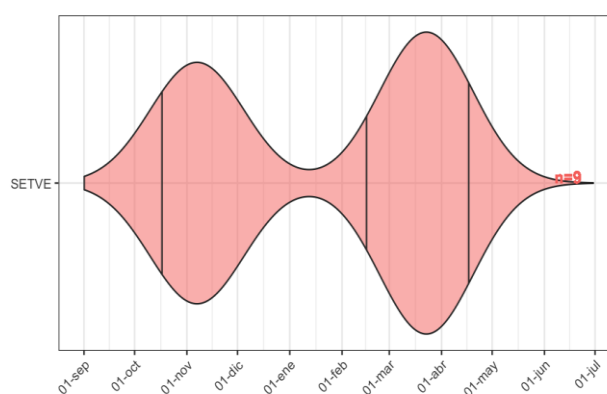
Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Senecio

factor(EPP0) ■ SENVU



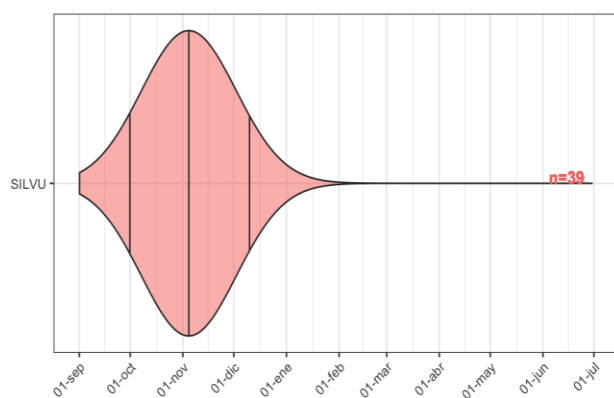
Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Setaria

factor(EPP0) ■ SETVE



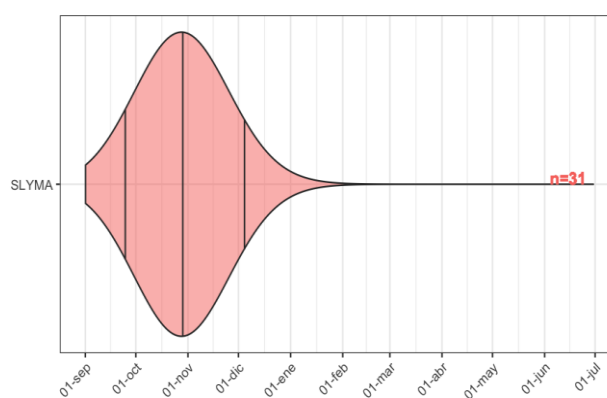
Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Silene

factor(EPP0) ■ SILVU



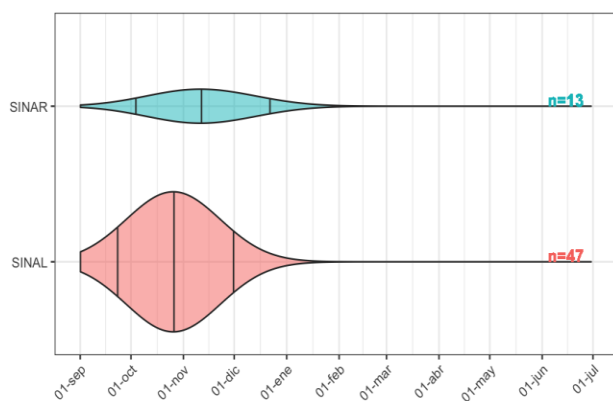
Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Silybum

factor(EPP0) ■ SLYMA



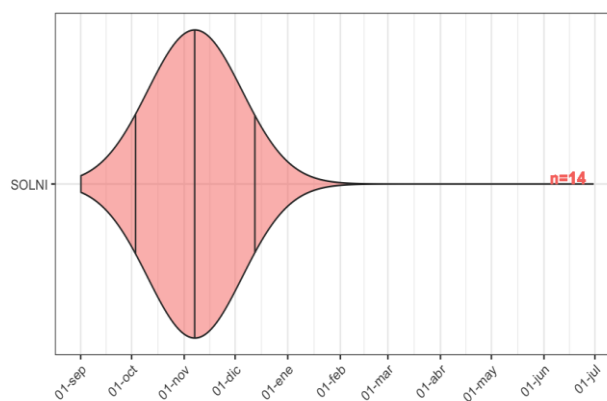
Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Sinapis

factor(EPP0) a SINAL a SINAR



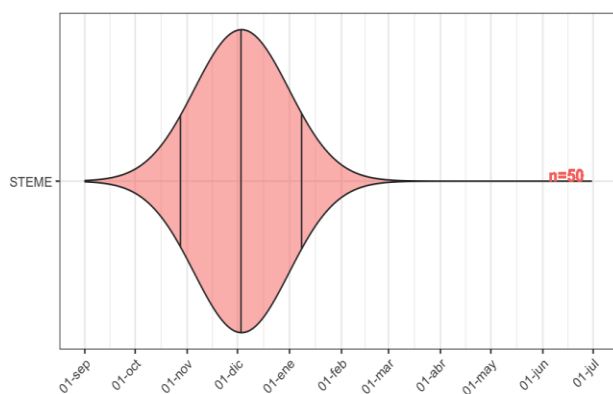
Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Solanum

factor(EPP0) a SOLNI



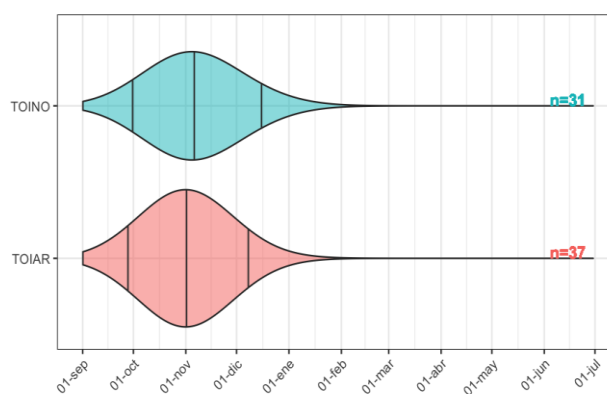
Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Stellaria

factor(EPP0) a STEME



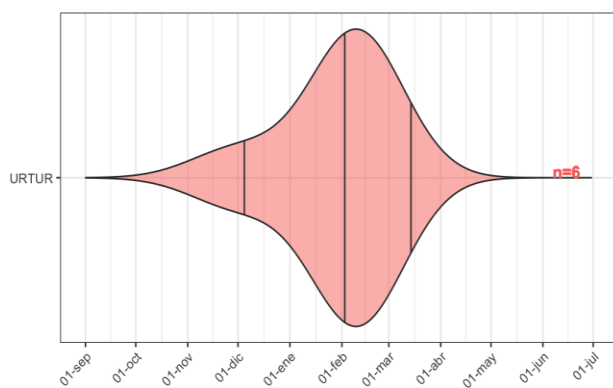
Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Torilis

factor(EPP0) a TOIAR a TOINO



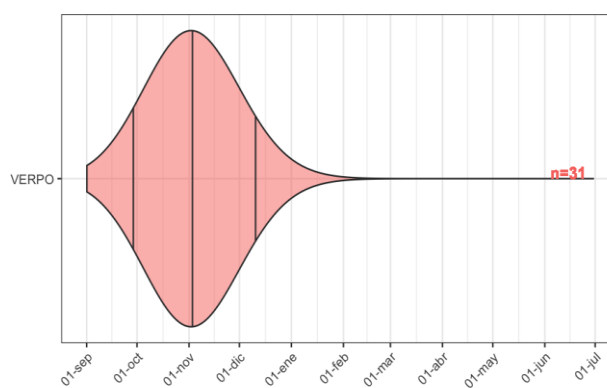
Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Urtica

factor(EPP0) a URTUR



Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Veronica

factor(EPP0) a VERPO



Evolución de las emergencias durante 2017  
del género: Xanthium

factor(EPPO) a XANST

